



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11237225 A**(43) Date of publication of application: **31 . 08 . 99**

(51) Int. Cl.

G01B 11/30
G01N 21/88
H01L 21/66

(21) Application number: **10336865**(22) Date of filing: **27 . 11 . 98**(30) Priority: **28 . 11 . 97 JP 09327569**

(71) Applicant:

HITACHI LTD

(72) Inventor:

TOMITA KOJI
MAEJIMA MUNEO
KODAMA YOSHITAKA
KOMURO HITOSHI
MATSUI SHIGERU
TAKEDA KAZUO

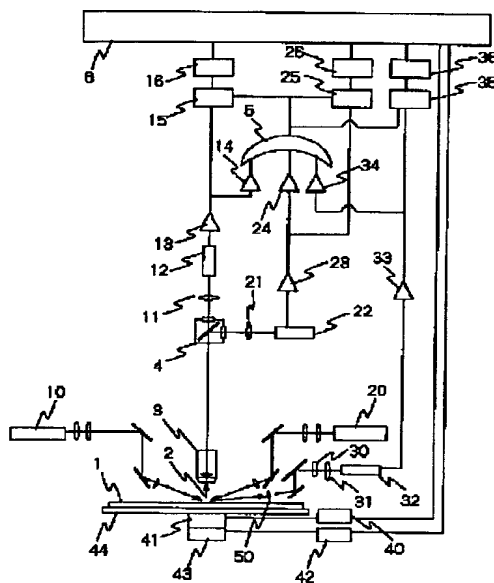
(54) **DEFECT INSPECTION DEVICE**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily observe how widely crystal defects of which size distribute, by indicating on a display means the distribution of defects corresponding to the depth set by a setting means.

SOLUTION: Scattered light 2 from defects is condensed by an objective lens 3, split by a dichroic mirror 4, separated into wave lengths of 810 nm and 532 nm, condensed with lenses 11 and 21 and detected with photodetectors 12 and 22 for each wave length. The detected signals are amplified with amplifiers 13 and 23, respectively and peak signal intensity held by peak hold circuits 15 and 25 are outputted, respectively, which are digitalized by A/D converters 16 and 26 and taken in a computer 6. A display is connected to the computer 6 and information on defects is indicated. By this, the distribution of defects is indicated based on the existing depth of the defects, size or both of them and so the tendency of generated defects is specified.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-237225

(43)公開日 平成11年(1999) 8月31日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 1 B 11/30

G 0 1 B 11/30

D

G 0 1 N 21/88

H 0 1 L 21/66

N

H 0 1 L 21/66

G 0 1 N 21/88

6 4 5 A

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平10-336865

(22)出願日 平成10年(1998)11月27日

(31)優先権主張番号 特願平9-327569

(32)優先日 平9(1997)11月28日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 富田 幸治

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株

式会社日立製作所計測器事業部内

(72)発明者 前嶋 宗郎

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株

式会社日立製作所計測器事業部内

(72)発明者 児玉 佳孝

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株

式会社日立製作所計測器事業部内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

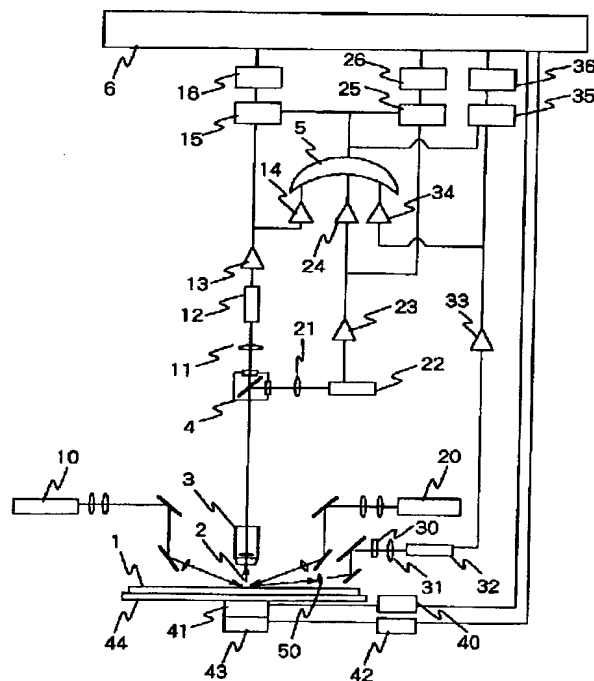
(54)【発明の名称】 欠陥検査装置

(57)【要約】

【課題】本発明は、半導体試料の欠陥解析に好適な欠陥検査装置を提供することを目的とする。

【解決手段】被検体に光を照射することによって得られる該検体からの光情報に基づいて、前記検体の表面及び／又は検体に内在する欠陥を検出する欠陥検査装置において、前記光情報に基づいて前記欠陥の存在する深さ、及び前記欠陥の分布を検出する検出手段と、欠陥の存在する深さを設定する設定手段と、前記検出手段で得られた欠陥の分布を表示する手段を備え、該表示手段は前記設定手段によって設定された深さに相当する欠陥の分布を表示する。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】被検体に光を照射することによって得られる該検体からの光情報に基づいて、前記検体の表面及び／又は検体に内在する欠陥を検出する欠陥検査装置において、前記光情報に基づいて前記欠陥の存在する深さ、及び前記欠陥の分布を検出する検出手段と、欠陥の存在する深さを設定する設定手段と、前記検出手段で得られた欠陥の情報を表示する手段を備え、該表示手段は前記設定手段によって設定された深さに相当する欠陥の情報を表示することを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 2】請求項 1 において、前記表示手段は、前記設定手段で設定された深さに相当する欠陥を、他の欠陥と識別して表示する機能を備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 3】請求項 1 において、前記表示手段は、前記設定手段で設定された深さに相当する欠陥のみを表示する機能を備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 4】請求項 1 乃至 3 において、前記表示手段は、前記欠陥の深さ及び該深さに存在する欠陥の数を座標軸としたグラフを表示する機能を備え、前記設定手段は該グラフ上で前記深さを設定する機能を備えてなることを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 5】請求項 1 乃至 4 において、前記検出手段は前記欠陥の大きさを検出する機能を備え、前記設定手段は欠陥の大きさを設定する機能を備え、前記表示手段は前記設定手段で設定された欠陥の深さ及び大きさに相当する欠陥を表示することを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 6】請求項 1 において、前記表示装置は、前記設定手段で設定された欠陥の深さに対応した欠陥の数を表示することを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 7】被検体に光を照射することによって得られる該検体からの光情報に基づいて、前記検体の表面及び／又は検体に内在する欠陥を検出する欠陥検査装置において、前記光情報に基づいて前記欠陥の大きさ、及び前記欠陥の情報を検出する検出手段と、欠陥の大きさを設定する手段と、前記検出手段で得られた欠陥情報を表示する手段を備え、該表示手段は前記設定手段によって設定された大きさに応じた欠陥の情報を表示することを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 8】請求項 7 において、前記表示する手段は、前記設定手段で設定された大きさに相当する欠陥を、他の欠陥と識別して表示する機能を備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 9】請求項 7 において、前記表示する手段は、前記設定手段で設定された大きさ

に相当する欠陥のみを表示する機能を備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 10】請求項 7 乃至 9 において、前記表示する手段は、前記欠陥の大きさ及び該大きさを持つ欠陥の数を座標軸としたグラフを表示する機能を備え、前記設定手段は該グラフ上で前記大きさを設定する機能を備えてなることを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 11】請求項 7 において、前記表示装置は、前記設定手段で設定された欠陥の深さに対応した欠陥の数を表示することを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 12】被検体に光を照射することによって得られる該検体からの光情報に基づいて、前記検体の表面及び／又は検体に内在する欠陥を検出する欠陥検査装置において、前記光情報に基づいて前記検体の所定の単位領域毎の欠陥情報を検出する手段と、該手段で検出された欠陥情報に基づいて前記単位領域毎の欠陥情報を表示する表示手段を備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 13】請求項 12 において、前記欠陥情報は、前記欠陥の単位領域毎の欠陥の個数、欠陥の存在深さ、欠陥の最大の大きさの何れか、或いはこれらの組み合わせ情報であることを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 14】請求項 12 または 13 において、前記表示手段は、前記検体の表面に存在する欠陥と、前記検体に内在する欠陥を識別して表示する機能を備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は欠陥検査装置に係り、特に、半導体シリコンウェハ中の析出物や積層欠陥などの結晶欠陥の測定装置およびウェハ表面異物検査装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】LSI (大規模集積回路) の集積度が向上すると共に、LSI を構成する MOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタの不良に起因した良品取得率と信頼性の低下が大きな問題となってきた。MOS トランジスタの不良の原因としては、ゲート酸化膜の絶縁破壊及び接合のリーク電流過多が代表的な問題である。これら MOS トランジスタの不良の多くは、直接もしくは間接的にシリコン基板中の結晶欠陥に起因している。すなわち、LSI 製造工程において、酸化によりシリコン酸化膜に変換されるシリコン基板の表面領域に結晶欠陥が存在すると、シリコン酸化膜に構造欠陥が形成され LSI 動作時に絶縁破壊が生じる。また、接合の空乏層に結晶欠陥が存在すると、リーク電流が多量に発生する。このように、シリコン基板内において素子が形成されている表面領域に結晶欠陥が形成されると、MOS

トランジスタの不良が発生するので好ましくない。

【0003】このように欠陥計測は、シリコン結晶品質管理において重要である。この様な欠陥を計測する方法としては、シリコンを透過する赤外線を照射し、散乱光を検出する方法が行われている。

【0004】結晶欠陥はこの単結晶シリコンウェハの内部のどの位置にも存在、分布する。一般的にIC等デバイスを製造する際には、結晶表面(鏡面)～0.5 μ m以内には結晶欠陥がなく、深い領域には高密度の欠陥が含まれるウェハの開発が望まれている。

【0005】このようなウェハを開発するに当たり、これらの結晶欠陥を観察し、その観察結果を開発に反映させる必要があるが、その観察法として、“Extended

Abstracts of the 1996 International Conference on Solid State Devices and Materials, August 26-29, 1996”や、“応用物理 第65巻 第11号(1996)1162ページから1163ページ”に記載されている技術がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このような公知例においては、シリコンウェハの吸光度が異なる特性を持つ、波長の異なる2種類の光ビームをシリコンウェハに照射し、このシリコンウェハに内在する結晶欠陥より散乱される光を検出し、分析することにより結晶欠陥部の分布状況を表示したり、表面からの深さ毎の結晶欠陥の総数を測定、表示していた。

【0007】シリコンウェハに内在する結晶欠陥を観察し分析する上で、これらの結晶欠陥部の分布状況や、表面からの深さ毎の結晶欠陥の総数は非常に重要な要素であり、上記の結晶欠陥表示装置はその意味でそれなりの成果をもたらしたと言える。しかしながら、本発明の発明者は、これらの装置は、シリコンウェハの結晶欠陥が様々の所定の深さ位置において、どのようなサイズの結晶欠陥がどのくらいどのように分布するかが、きわめて重要であることを発見した。

【0008】例えば、水素アニール熱処理の場合、その熱処理の進行状況は、SiO₂の析出物がシリコンウェハの所定の深さにおいてどのようなサイズでどの位分布するか、観察することにより判別される。このような観察結果は、水素アニール熱処理における処理時間、温度などの熱処理条件を最適に決定することができる。

【0009】また、これまで発生挙動に不明な部分の多かったCOP(Cristal Originated Particle)は、grow-in欠陥がシリコンウェハの表面にピットとして痕跡を残したものであるが、それらがシリコンウェハにどの程度深く分布するか観察できれば、COPを生じないプロセスの最適条件の解析を容易に行うことができるようになる。

【0010】本発明はこのようにシリコンウェハ等の結晶欠陥が様々の所定の深さ位置において、どのようなサ

イズの結晶欠陥がどのくらいどのように分布するかを容易に観察することができる結晶欠陥検査装置を提供することを目的とするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明では、上記目的を達成するために被検体に光を照射することによって得られる該検体からの光情報に基づいて、前記検体の表面及び検体に内在する欠陥を検出する欠陥検査装置において、前記光情報に基づいて前記欠陥の存在する深さ、及び前記欠陥の分布を検出する検出手段と、欠陥の存在する深さを設定する手段と、前記検出手段で得られた欠陥の分布を表示する手段を備え、該表示手段は前記設定手段によって設定された深さに相当する欠陥の分布を表示することを特徴とする欠陥検査装置を提供する。

【0012】以上のような欠陥検査装置の提供によって、発生原因が深さに依存して異なる欠陥を、特定深さの設定により選択的に表示することができる。

【0013】本発明では更に、被検体に光を照射することによって得られる該検体からの光情報に基づいて、前記検体の表面及び検体に内在する欠陥を検出する欠陥検査装置において、前記光情報に基づいて前記欠陥の大きさ、及び前記欠陥の分布を検出する検出手段と、欠陥の大きさを設定する手段と、前記検出手段で得られた欠陥の分布を表示する手段を備え、該表示手段は前記設定手段によって設定された大きさに応じた欠陥の分布を表示することを特徴とする欠陥検査装置を提供する。

【0014】以上のような欠陥検査装置の提供によって、発生原因が欠陥の大きさに依存して異なる欠陥を、特定の大きさの設定により選択的に表示することができる。

【0015】また、本発明では、被検体に光を照射することによって得られる該検体からの光情報に基づいて、前記検体の表面及び検体に内在する欠陥を検出する欠陥検査装置において、前記光情報に基づいて前記検体の所定の単位領域毎の欠陥情報を検出する手段と、該手段で検出された欠陥情報に基づいて前記単位領域毎の欠陥情報を表示する表示手段を備えたことを特徴とする欠陥検査装置を提供する。

【0016】以上の構成により、欠陥情報を単位領域毎に確認できるので、上述のような単なる欠陥の分布図と比較すると、欠陥の分布傾向を視覚的に且つ容易に判断することが可能になる。

【0017】以下詳細は発明の実施の形態の欄で詳述する。

【0018】

【発明の実施の形態】本発明に係る結晶欠陥計測方法および結晶欠陥計測装置を実施例に基づいて以下説明する。図1に本発明の一実施例に係る結晶欠陥計測装置の全体構成を示すブロック図を示す。シリコンウェハに対する照射光の全面走査は、回転移動と中心が並進移動し

ているシリコンウェハに照射することによって、スパイラル状に走査する。照射領域を散乱体が通過した瞬間に、パルス的な散乱光が発生する。照射光として、波長532nmのレーザ10からの光と、波長810nmのレーザ20からの光を回転ステージ41上のウェハ固定金具44に固定された試料ウェハ1に照射する。それぞれの欠陥からの散乱光2の検出によって、試料ウェハ1中に含まれる酸素析出物(SiO₂粒子)や転移等の結晶欠陥、その他にウェハ表面に付着した異物が散乱体として検出される。

【0019】欠陥からの散乱光2を対物レンズ3により集光し、ダイクロイックミラー4にて分岐し、波長810nmおよび532nmの光を分離し、レンズ11、21でそれぞれ集光し、光検出器12、22で波長別に検出する。検出された信号は、それぞれアンプ13、23によって増幅され、それぞれのピークホールド回路15、25によってホールドされたピーク信号強度が出力され、A/Dコンバータ16、26でデジタル化してコンピュータ6に取り込む。

【0020】また、同時に、散乱光をウェハ表面に対し、ブリュースター角以上の角度に散乱される散乱光を検出する系を設ける。レンズ50でブリュースター角以上の角度に散乱される散乱光を集光し、フィルタ30によって波長532nmの散乱光を選択する。そしてレンズ31で光検出器32に集光してその出力信号をアンプ33で増幅して、ピークホールド回路35によりホールドされたピーク信号強度をA/Dコンバータ36でデジタル化してコンピュータ6に取り込む。

【0021】一方、コンピュータ6よりドライバ40、42を用いて回転ステージ41およびRステージ43を回転方向(θ 方向)及び半径方向(R方向)に走査しながらウェハ固定治具44に取り付けた回転エンコーダ及び並進エンコーダの座標(R, θ)をモニターしながら散乱光計測を行い、欠陥から散乱光が発生した瞬間の座標(R, θ)を散乱光強度信号とともにコンピュータ6に取り込む。

【0022】なお、コンピュータ6にはディスプレイ(図示せず)が接続され、後述する欠陥の情報が表示される。

【0023】上記の欠陥から散乱光が発生した場合のデータ取り込みタイミングを図2に示す散乱光信号の取り込みタイミング図により説明する。図2(a)に示すように波長532nmあるいは波長810nmの照射光が欠陥に照射されて散乱する光が走査に伴ってそれぞれの検知器に取り込まれる。532nmに着目すると、図2(b)に示すようにアンプ13の出力信号がある設定したしきい値201を超えた場合、図2(c)に示すコンパレータ14からの出力信号が、図2(d)に示す論理和回路5を通じてピークホールド回路15へトリガ出力を与え、図2(e)に示すようにピークホールド回路1

5はアンプ13のピーク強度をホールドする。810nmの散乱光信号あるいは光検出器32による散乱光強度信号の場合も532nmの散乱光信号の場合と同様にピークホールド回路25あるいは35にピーク強度がホールドされる。

【0024】それぞれのピーク強度値は図2(f)に示すように論理和回路5からのトリガ出力から一定時間後にそれぞれのA/Dコンバータ16、26、36によりデジタル化され、図2(g)に示すようにA/D変換終了後、コンピュータ6に取り込まれメモリに記憶される。このときコンピュータ6は回転エンコーダ及び並進エンコーダの座標(R, θ)もシリコンウェハの面内位置で散乱光が発生した位置として同時にメモリに記憶する。コンピュータ6にデータが取り込まれた後は論理和回路の出力とピークホールドもリセットされる。なお本実施例では上記座標はその座標が属する単位領域の種類も併せて記憶される。

【0025】図3(a)に各検知器のしきい値を超えた場合に検出できる欠陥の深さ位置と大きさの関係図を示す。上記のように波長532nmによる散乱光強度信号(光検出器12の信号)あるいは波長810nmによる散乱光強度信号(光検出器22の信号)あるいは光検出器32による散乱光強度信号のいずれかがあるしきい値を超えた場合に散乱光強度とそのときのウェハの面内を取り込むことで、図3(a)に示す表面異物検出用検知器のトリガによる欠陥検出範囲301、532nmによる散乱光検知器のトリガによる欠陥検出範囲302、810nmによる散乱光検知器のトリガによる欠陥検出範囲303をすべて包含して検出することができる。これにより、例えば今後の主流になるエピタキシャルウェハで、1 μ m程度のエピタキシャル層の欠陥以外にエピタキシャル層とエピタキシャル層下の基板も含めた欠陥が1回のウェハ全面走査測定で検出することが可能となった。エピタキシャル層とその下の基板では欠陥特性が異なるので、双方の欠陥を包括して検出できることはウェハ製造工程における不良要因を解析する手がかりとなる。例えば、ウェハの図3(b)に示すように532nmによる散乱光検知器のトリガによる欠陥検出ではエピタキシャル層の欠陥は発見できるが、より深い部分に欠陥が存在していても検出できない。図3(c)に示すように810nmによる散乱光検知器のトリガによる欠陥検出では深さ5 μ mまでの深い部分にあるスリップという欠陥が検出できた。スリップとはウェハを熱処理した場合に中央部と周辺部の温度差が原因でウェハのエッジ部に発生する欠陥で、ウェハが大口径になると深刻な問題となる。本例のウェハ周辺に発生したスリップにより、ウェハを熱処理炉へ挿入した作業に問題があるという手がかりが得られることになる。

【0026】上記の照射形態において、波長532nmの光と波長810nmの光とが走査に伴って時間的に波

長532nmが先に欠陥に照射される様に照射位置をずらして計測してもよい。波長532nmによる散乱光強度信号(光検出器12の信号)はしきい値を超えずに、波長810nmによる散乱光強度信号(光検出器22の信号)の方があるしきい値を超えた場合には波長810nmのみの信号を取り込む様にする。この場合の深さ位置を決定可能な欠陥は波長532nmの侵入深さ以内のものであるので、波長532nmによる散乱光強度信号(光検出器12の信号)の値があるしきい値より小さな値を有するデータに対しては深さ位置導出を行う必要が*10

$$\Gamma = \lambda / 2 \pi k$$

したがって、空気中より入射角 θ で物質に入射した光の強度は表面からの深さ z のところでは $\exp((-2z/\Gamma) \cos(\arcsin(\sin \theta / n)))$ だけ表面直下より減衰することになる。したがって空気中より入射角 θ で物質に光を照射し、試料表面方向への散乱光をある検出立体角で検※

$$S = I \sigma \exp [-(2z/\Gamma)(1 + 1/\{\cos(\arcsin(\sin \theta / n))\})] \times T_i \times T_f$$

ここで、 T_i は入射光の大气中から物質内表面直下への透過率、 T_f は散乱光の物質内表面直下から大气中への透過率である。

【0031】今、物質の波長 λ_1 、 λ_2 に対する屈折率をそれぞれ n_1 、 n_2 、侵入深さをそれぞれ Γ_1 、 Γ_2 、入射光強度をそれぞれ I_1 、 I_2 、測定される散乱光強度をそれぞれ S_1 、 S_2 、積分散乱断面積をそれぞれ★

$$S_1 = I_1 \cdot \sigma_1 \exp [-(2z/\Gamma_1)(1 + 1/\{\cos(\arcsin(\sin \theta / n_1))\})] \times T_{1i} \times T_{1f}$$

【0033】

【数4】

$$S_2 = I_2 \cdot \sigma_2 \exp [-(2z/\Gamma_2)(1 + 1/\{\cos(\arcsin(\sin \theta / n_2))\})] \times T_{2i} \times T_{2f}$$

以上により、欠陥の深さ位置 z は数5乃至数7のように与えられる。

☆【0034】

☆【数5】

$$z = C_1 \cdot \ln [C_2 (S_1/S_2) (\sigma_2/\sigma_1)]$$

【0035】

【数6】

$$C_1 = 1 / [(4\pi k_2 / \lambda_2)(1 + 1/\{\cos(\arcsin(\sin \theta / n_2))\}) - (4\pi k_1 / \lambda_1)(1 + 1/\{\cos(\arcsin(\sin \theta / n_1))\})]$$

【0036】

【数7】

$$C_2 = I_2 / I_1 \times T_{2i} \times T_{2f} / (T_{1i} \times T_{1f})$$

本発明において欠陥の深さ位置を求めるためには先に欠陥の大きさを求める必要がある。数3において試料を透過する波長 λ_1 の光、即ち Γ_1 が十分に大きい($\Gamma_1 \gg \Gamma_2$)波長 λ_1 の光を用いると、ある検出立体角での積◆

$$\sigma_1 = S_1 / (I_1 \times T_{1i} \times T_{1f})$$

T_{1i} 、 T_{1f} の値は光学原理にのっとり計算できるので、 I_1 の値を事前に測定しておけば、 S_1 を測定することにより積分散乱断面積 σ_1 の値が求まる。従って欠陥の屈折率が既知であれば、Mie散乱理論式(例えばボルン・ウォルフ著、光学の原理(東海大学、1975年)、第902~971頁)から欠陥の大きさを求める

*ないためである。

【0027】なお、本発明実施例の深さ位置、欠陥の大きさ(粒径)は以下のようにして求められる。

【0028】欠陥の深さ位置を求める計算手順を以下に示す。物質の波長 λ における屈折率を n 、消衰率を k とすれば、入射光の振幅が表面直下の値の $1/e$ になる侵入深さ Γ は、数1で与えられる。

【0029】

【数1】

…(1)

※出したときの積分散乱断面積を σ 、入射光強度を I としたとき、物質表面より深さ z の位置にある欠陥からの散乱光強度 S は数2のように表すことができる。

【0030】

【数2】

★れ σ_1 、 σ_2 、入射光の物質内表面直下への透過率をそれぞれ T_{1i} 、 T_{2i} 、散乱光の物質内表面直下から大气中への透過率をそれぞれ T_{1f} 、 T_{2f} 、とすると数3、数4が成り立つ。

【0032】

【数3】

☆【0034】

☆【数5】

$$z = C_1 \cdot \ln [C_2 (S_1/S_2) (\sigma_2/\sigma_1)]$$

【数6】

$$C_1 = 1 / [(4\pi k_2 / \lambda_2)(1 + 1/\{\cos(\arcsin(\sin \theta / n_2))\}) - (4\pi k_1 / \lambda_1)(1 + 1/\{\cos(\arcsin(\sin \theta / n_1))\})]$$

【数7】

$$C_2 = I_2 / I_1 \times T_{2i} \times T_{2f} / (T_{1i} \times T_{1f})$$

◆分散乱断面積 σ_1 は数8のように表すことができる。

【0037】

【数8】

…(8)

ことができる。

【0038】大きさが判れば試料に吸収される波長 λ_2 の光によるある検出立体角での積分散乱断面積 σ_2 が計算により決まるので、積分散乱断面積の比 σ_1/σ_2 が決定できる。上記と同様、 T_{2i} 、 T_{2f} の値を光学原理にのっとり計算し、 I_2 の値を事前に測定することに

より、数7からC2の値を求めることができる。また、C1の値も材料定数および実験条件から数1により求まる。これら値を数5に代入すれば深さ位置 z を得ることができる。

【0039】また、Rayleigh散乱によって欠陥の大きさ（粒径）を求めても良い。このレーリー散乱による粒径の算出法は、応用物理 第65巻 第11号（1996）1162ページから1163ページに紹介されている。

【0040】以上のようにして求められた欠陥の深さ位置、欠陥の大きさは、上述の散乱光強度信号、検出座標及び該座標が属する単位領域の種類等に基づいて以下のような表示を行うために用いられる。

【0041】図4に本発明に係る欠陥分布の選別表示例を示す。図4（a）に示すように欠陥の深さ位置と大きさとしてポリエステル換算の粒径を数値入力で範囲指定する手段を設け、指定された範囲の欠陥について図4

（b）に示すように面分布を表層内の欠陥401、表面異物402のように表示する。

【0042】このようにウェハ表面の全面走査計測後は、デバイス形成に影響を与える特定の問題領域範囲あるいは欠陥の大きさなどを任意に直接入力指定できると、表層内の表面近傍に存在する結晶欠陥分布あるいは表面異物の分布を任意に選別表示することができる。

【0043】ウェハに形成される欠陥（傷も含む）は、製造工程中の如何なる工程で発生したかによって、その粒径や存在する深さが異なる場合がある。即ち欠陥の粒径や存在する深さを確認できれば、製造工程中のどこで欠陥が発生したかを特定することができる。

【0044】よって特定粒径、特定深さ、或いはその両方を選択的に設定し、この設定に適合する欠陥を選択的に表示することができれば、特定の工程でどの程度の欠陥が発生したのか、その傾向を観察することが容易になる。

【0045】従来技術の欄で紹介した応用物理 第65巻 第11号（1996）1162ページから1163ページに開示された面内分布の例では、欠陥をすべて表示しているため、特定情報を持つ欠陥を選択的に確認することが困難であった。

【0046】本発明実施例では欠陥が存在する深さや、大きさ（粒径）を設定し、該設定に基づいてウェハの欠陥の分布表示を行うことができるので、存在する欠陥の存在深さや、大きさの程度によって、欠陥が発生した工程と、発生した欠陥の傾向を把握することが可能になる。その具体例を以下に詳述する。

【0047】半導体ウェハ（シリコンウェハ）はCZ法や、FZ法等の単結晶製造法によって得られた単結晶インゴットを円盤状に切断（スライシング）し、次いで粗研磨（ラッピング）、化学的研磨（エッチング）等のシェーピング工程、鏡面研磨（ポリッシング）を経た後、

仕上げ洗浄が行われる。またエピタキシャルウェハは、その後にエピタキシャル層を気相成長させ、更に鏡面研磨する等の処理が行われる。またウェハの種類によっては異なる工程を持つものもある。

【0048】上記工程の中で、研磨に関する欠陥（きず）はウェハ表面に広い粒径範囲に跨って形成される傾向がある。また、単結晶製造工程で熱処理をすることにより、粒径が大きくなつ表面に現れる欠陥（COP）が増大する傾向がある。更に洗浄工程ではウェハの表面に現れる欠陥が増大する傾向にある。

【0049】更にウェハ内部に形成される結晶欠陥は、例えばエピタキシャル層の成長過程で発生し、特に結晶欠陥の内、酸素析出物（ SiO_2 ）は、ウェハの深さ方向に行くほど、増大するという傾向にある。

【0050】以上のように製造工程に依存した欠陥の傾向があり、各製造工程固有の欠陥を他の欠陥と識別して、表示することによって、該工程で発生した欠陥の傾向を特定することができる。

【0051】例えば深さ方向の設定によって、ウェハの内部に存在する結晶欠陥なのか研磨や洗浄によって発生した欠陥なのかを判別できるし、これらが混在しないウェハ像によって特定の発生要因によって発生した欠陥の傾向や程度を容易に判断することが可能になる。

【0052】また結晶欠陥の存在する個所にデバイスを形成すると、その電気特性が悪くなるため、原則として欠陥の存在する個所にデバイスを形成することはできない。しかしながら形成するデバイスの種類によって欠陥が存在する許容深さが異なる。よって深さ方向の設定に基づく観察によりウェハの種類に応じた品質管理を行うことができる。

【0053】また、エピタキシャル層の気相成長が順調に行われているか否かの観察も可能になる。

【0054】また、図4（c）に示すように、粒径毎の欠陥個数、深さ位置毎の欠陥個数をヒストグラム表示し、最小粒径を指定するトレースカーソル403、最大粒径を指定するトレースカーソル404、または最小深さ位置を指定するトレースカーソル405、最大深さ位置を指定するトレースカーソル406をそれぞれのグラフ上でマウスなどのポインティングデバイスで指定した上で図4（b）に示すように面分布を表示してもよい。これにより実際に欠陥数の多い特定の問題領域範囲が視覚的に選別でき、欠陥数の多い粒径や深さを選択的に設定し表示することも、実際に問題が認識される領域の表面近傍に存在する結晶欠陥分布あるいは表面異物の分布を選別表示することもできる。

【0055】なお、本実施例では設定深さに存在する欠陥を他の欠陥と識別して表示しているが、例えば設定深さに存在する欠陥のみを表示するようにしても良い。

【0056】図5に本発明に係る欠陥分布の一覧表示例を示す。本実施例ではウェハを模した表示上の細分した

単位領域毎に、存在する欠陥の個数を高さ、深さ位置を色分けして1単位領域を円筒状に立体表示した。

【0057】単位領域毎の表示は単なる欠陥の分布図に比較して、欠陥の発生傾向を特定するのに優れている。

【0058】なお、各深さ位置に存在する欠陥の最大粒径を円筒の直径に比例した表示とする。また、表面異物は立方体のように表示する。これにより、ウェハ表面および表層内の欠陥領域の分布傾向が一目で識別することができ、問題領域の特定が迅速にできる。

【0059】例えば、欠陥が深さに依存せず一様分布しているのか、表面層に近い欠陥が多い分布なのか、あるいは深い領域での欠陥が多い分布なのかにより、表面加工不良と内部結晶不良なのかの傾向の識別、判断が容易となる。また表面異物なのか結晶欠陥なのかも一目で判別が可能となる。

【0060】また上記表示によれば、単位領域当たりの欠陥の個数、深さ、及び最大粒径を容易に認識できるように円筒状の棒グラフを採用している。この棒グラフは複数の情報の関連性を把握しやすい。また、深さ毎に欠陥の個数や最大粒径などの情報が異なることがあるので、図5に示す表示形態はその違いを視覚的に容易に判断することができる。

【0061】本実施例装置は欠陥の深さ、大きさ、位置を検出しており、これら複数の情報に基づいて、欠陥の発生の傾向を判断できれば、欠陥解析を容易に行うことができる。

【0062】またこのような解析によりコンピュータ6において行う欠陥部の深さの設定により、得られるウェハの表面位置に対応した欠陥情報出力のフローチャートを図6に示す。

【0063】すなわち、Step1で数式3、4に基づきウェハを載せたステージ上の半径(R)、方向(θ)の座標位置において検出された散乱光強度S1、S2のデータテーブルを作成する。これら散乱光強度S1、S2よりStep2において、欠陥部の深さ(Z)、粒径(d)を数式5、8等に基づいて計算し、半径(R)、方向(θ)の座標位置に対応した深さ(Z)、粒径(d)のデータテーブルを作成する。

【0064】そこで、Step3において、図4(a)に示すような表示画面から、欠陥部の深さ(Z)または粒径(d)を入力し選択すると、選択した結果のデータテーブルが得られる。Step4において欠陥部の分布表示を指令すると、選択した欠陥部の深さ(Z)または粒径

* (d)の欠陥部を半径(R)、方向(θ)のステージ上位置にて対応して表示し、図4(b)に示すような欠陥分布の表示画面が得られる。

【0065】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、欠陥の存在深さ、欠陥の大きさ、或いはその両方の設定に基づいて欠陥の分布を表示しているので、発生した欠陥の傾向を特定でき、何処の製造工程でどのような欠陥が発生したのかを特定するのが容易になる。

【0066】また単位領域毎に欠陥の情報を表示しているので、欠陥の発生傾向を特定することが容易になる。

【0067】以上により欠陥の解析が容易になり、製造製品の品質管理や欠陥の発生要因の特定に好適な欠陥検査装置の提供を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】発明の概略構成図。

【図2】散乱光信号の取り込みタイミング図。

【図3】散乱光信号による検出範囲の関係図。

【図4】欠陥分布の選別表示の例を示す図。

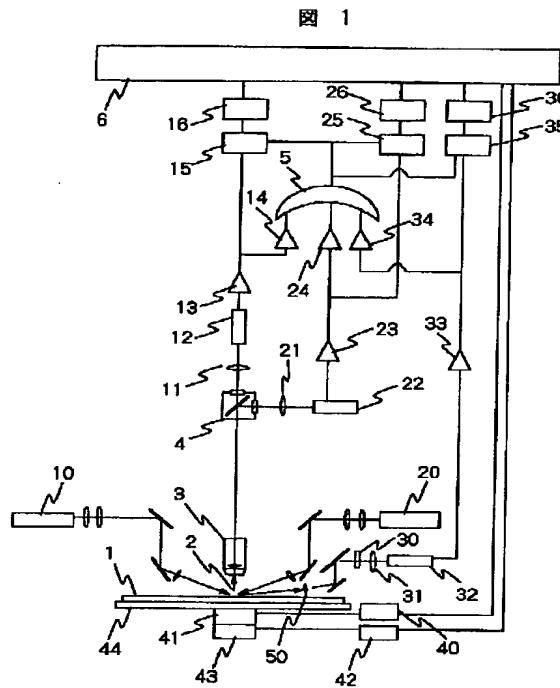
【図5】欠陥分布の一覧表示の例を示す図。

【図6】欠陥部の深さを設定することにより得られる、欠陥部の情報を出力するコンピュータのフローチャート。

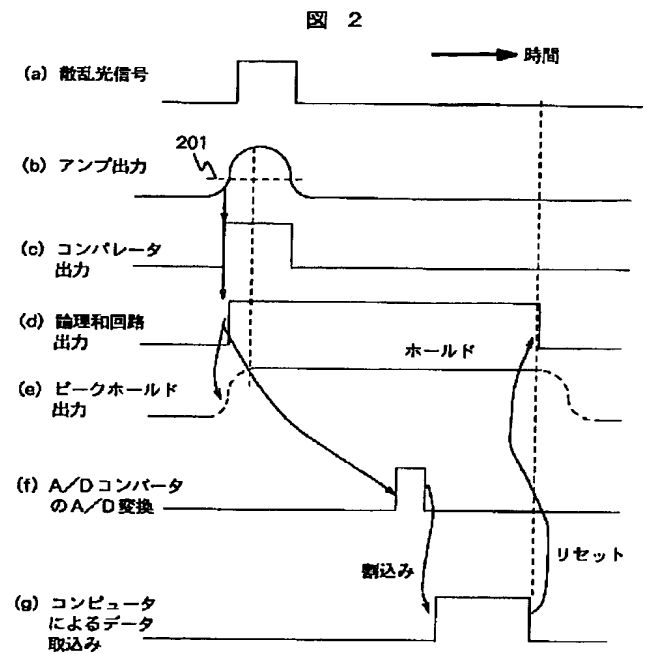
【符号の説明】

1…試料ウェハ、2…欠陥からの散乱光、3…対物レンズ、4…ダイクロイックミラー、5…論理和回路、6…コンピュータ、10…波長532nmのレーザ、11、21、31、50…レンズ、12、22、32…光検出器、13、23、33…アンプ、14、24、34…コンパレータ、15、25、35…ピークホールド回路、16、26、36…A/Dコンバータ、20…波長810nmのレーザ、30…フィルタ、40、42…ドライバ、41…回転ステージ、43…Rステージ、44…ウェハ固定治具、201…しきい値、301…表面異物検出用検知器のトリガによる欠陥検出範囲、302…532nmによる散乱光検知器のトリガによる欠陥検出範囲、303…810nmによる散乱光検知器のトリガによる欠陥検出範囲、401…表層内欠陥、402…表面異物、403…最小粒径を指定するトレースカーソル、404…最大粒径を指定するトレースカーソル、405…最小深さ位置を指定するトレースカーソル、406…最大深さ位置を指定するトレースカーソル。

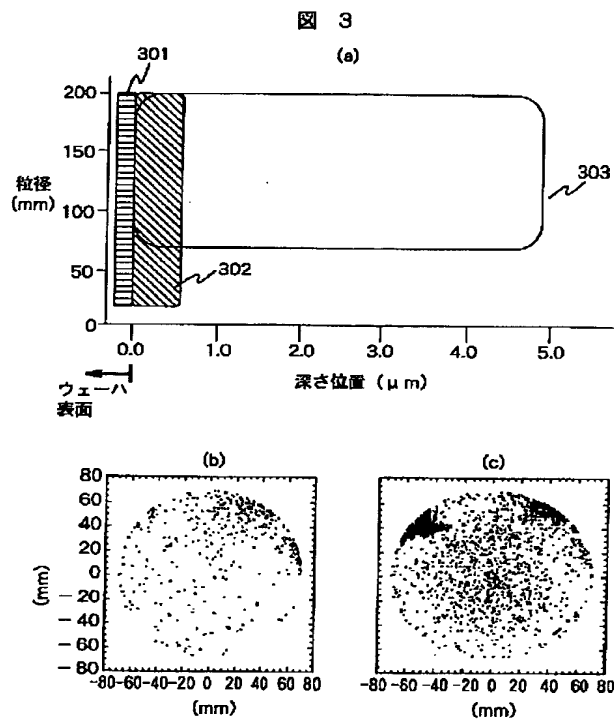
【図1】



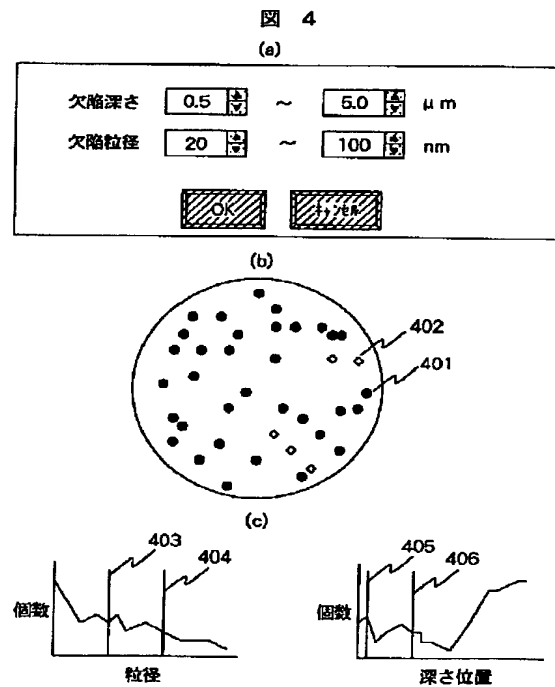
【図2】



【図3】

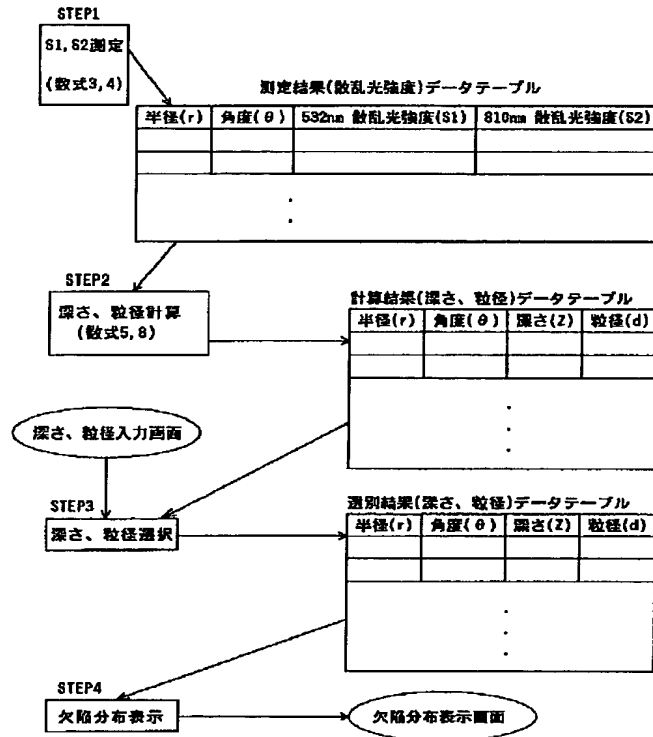


【図4】



【図 6】

☒ 6



(72)発明者 松井 繁
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株
式会社日立製作所計測器事業部内

(72)発明者 武田 一男
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内